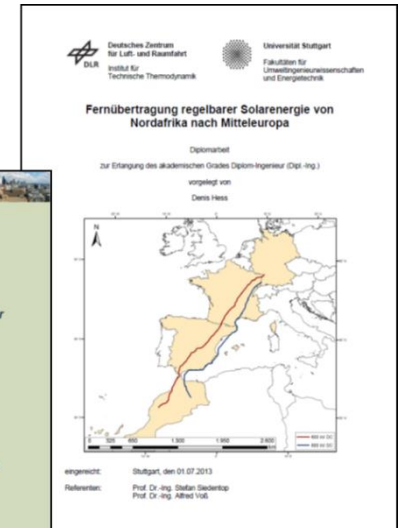


# Transmission d'énergie solaire réglable d'Afrique du Nord à l'Europe Centrale

Dipl.-Ing. Denis Hess  
Partenariat énergétique maroco-allemand,  
Rabat, le 29 octobre 2013

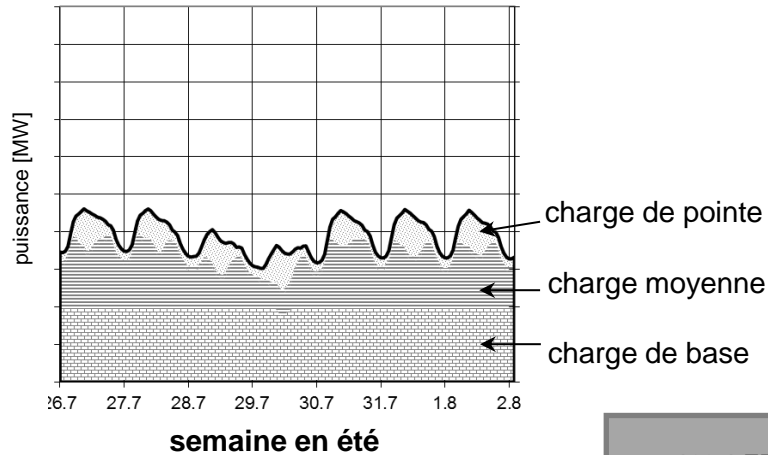


Wissen für Morgen

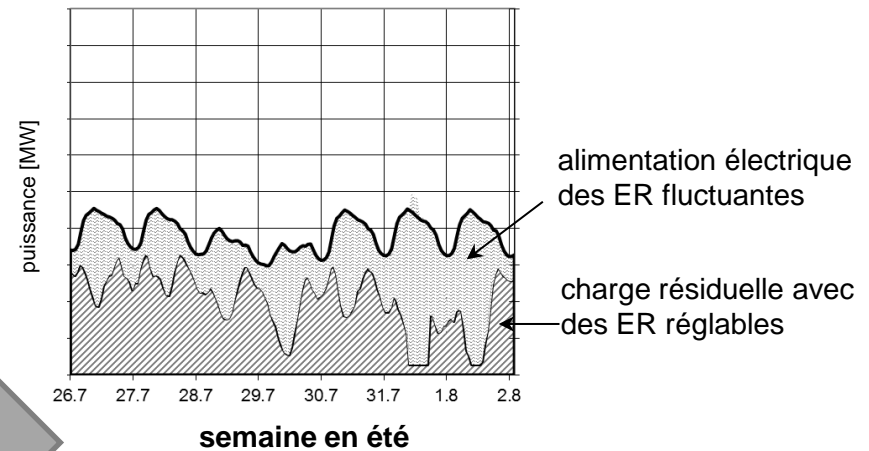
# Changement de paradigme dans les zones de charge

dans l'année 2012

en été

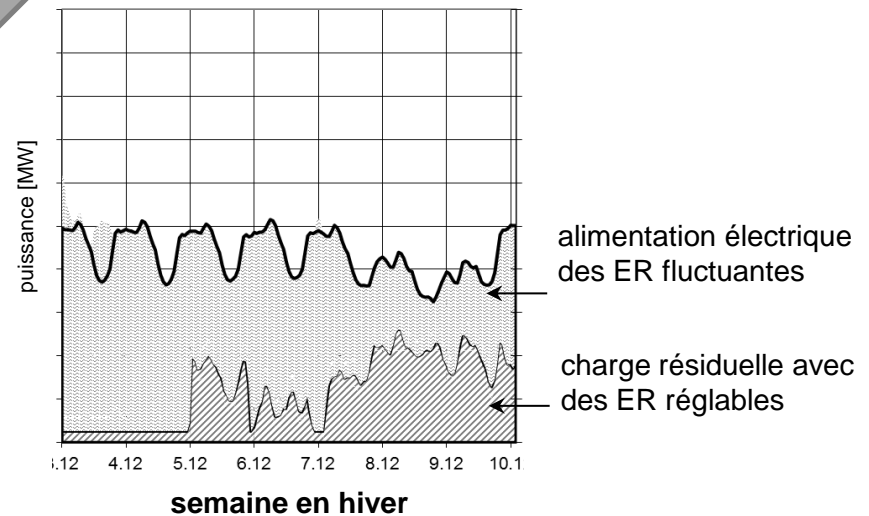
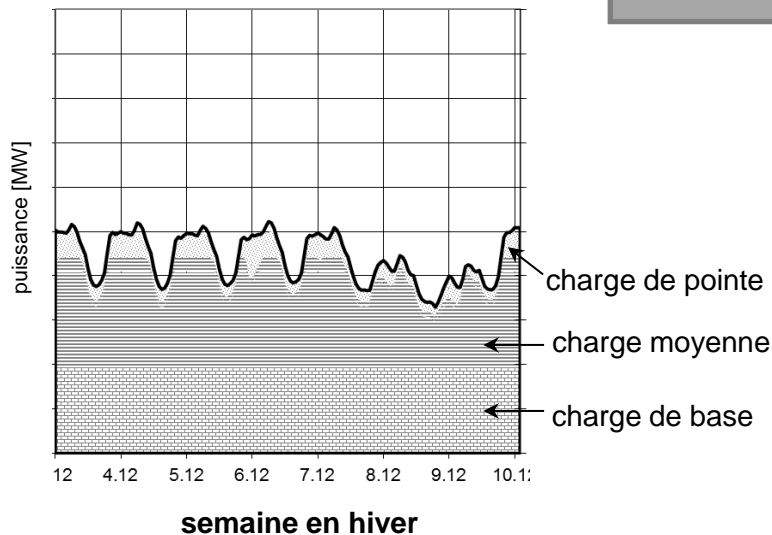


jusqu'à l'année 2050



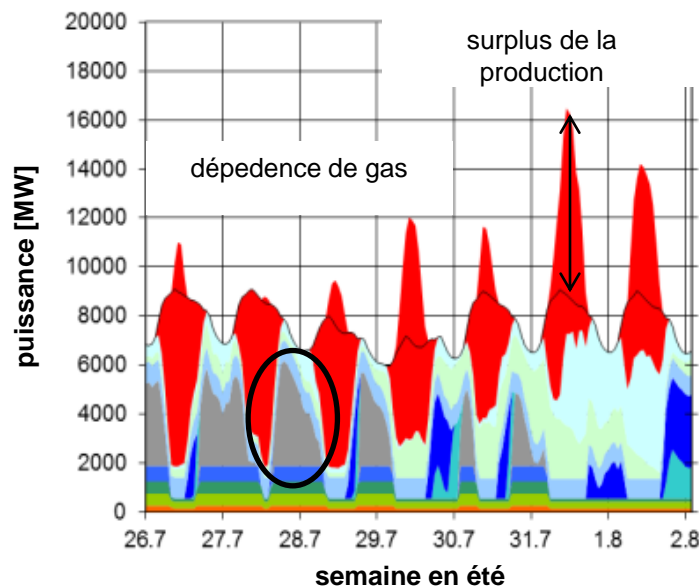
100% ER

en hiver



# Problèmes de système dans Baden-Württemberg en 2050 avec 95% d'énergie renouvelable dans le secteur électrique

capacité installée: 55 GW

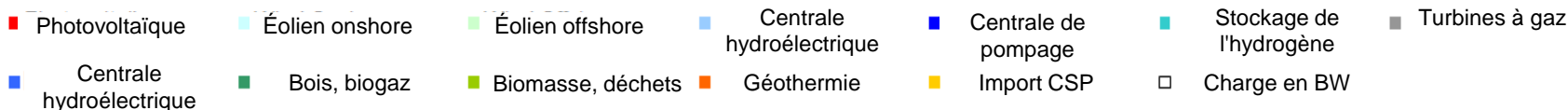
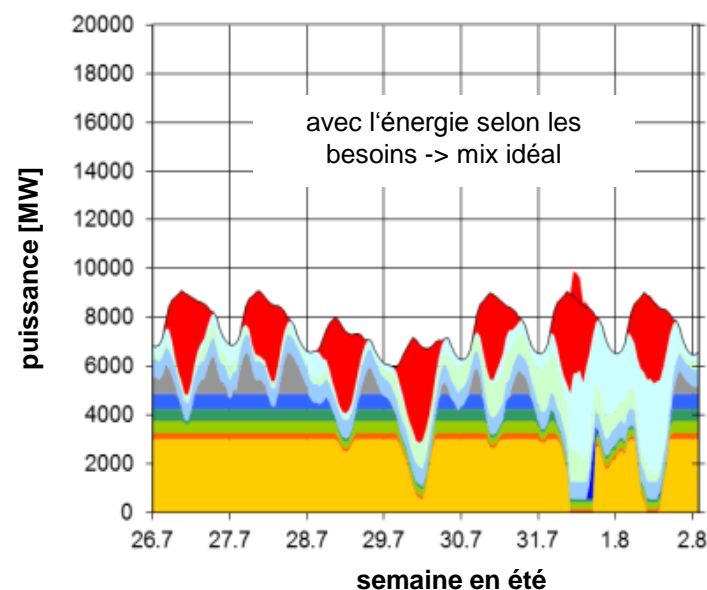


Quo vadis?



2050  
95% ER

capacité installée: 35 GW

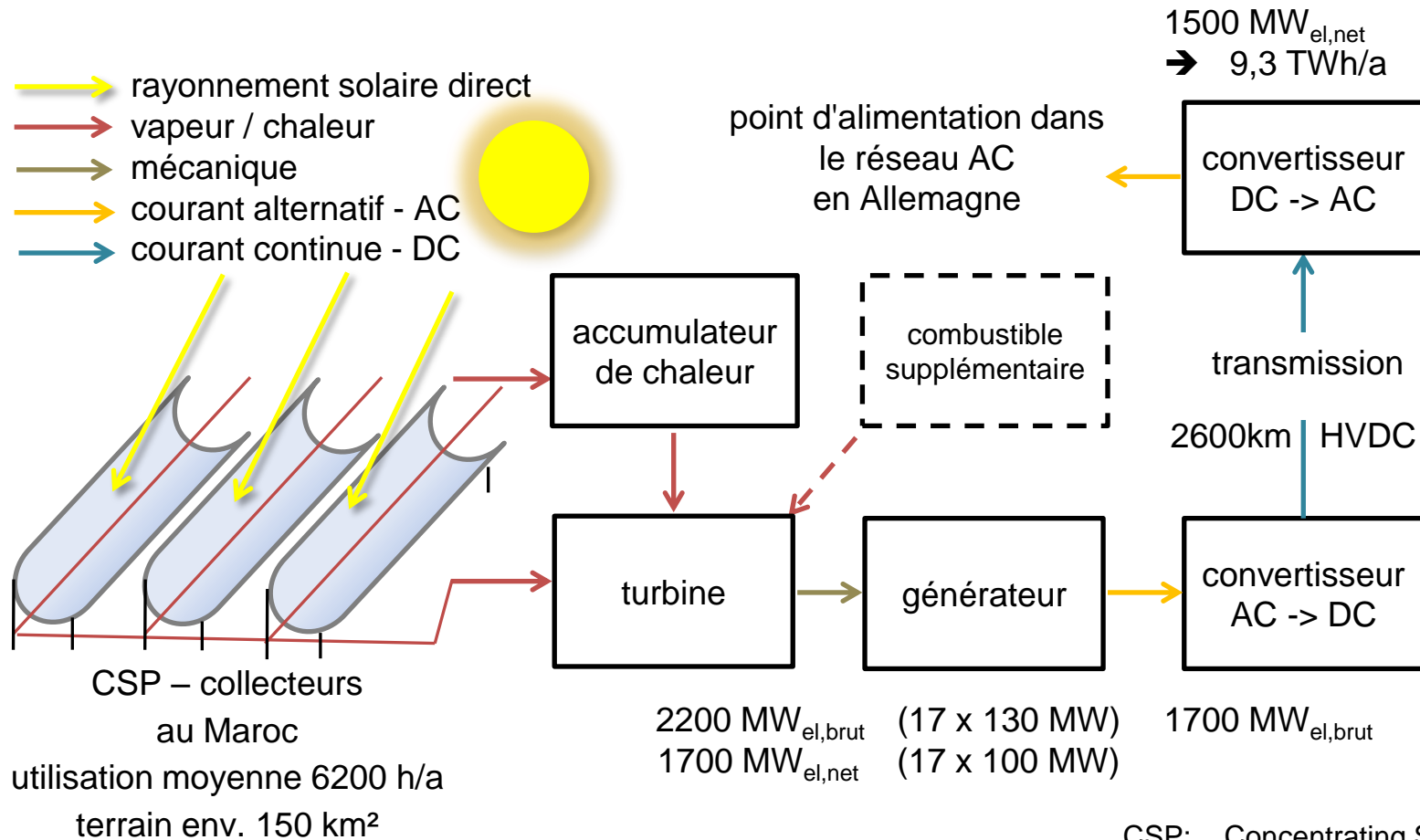


Deux scénarios pour l'année 2050 avec chacune 95% des énergies renouvelables pour la production d'électricité pour Baden-Württemberg

Le choix d'un des scénarios doit aujourd'hui être **concrètement décidé!**



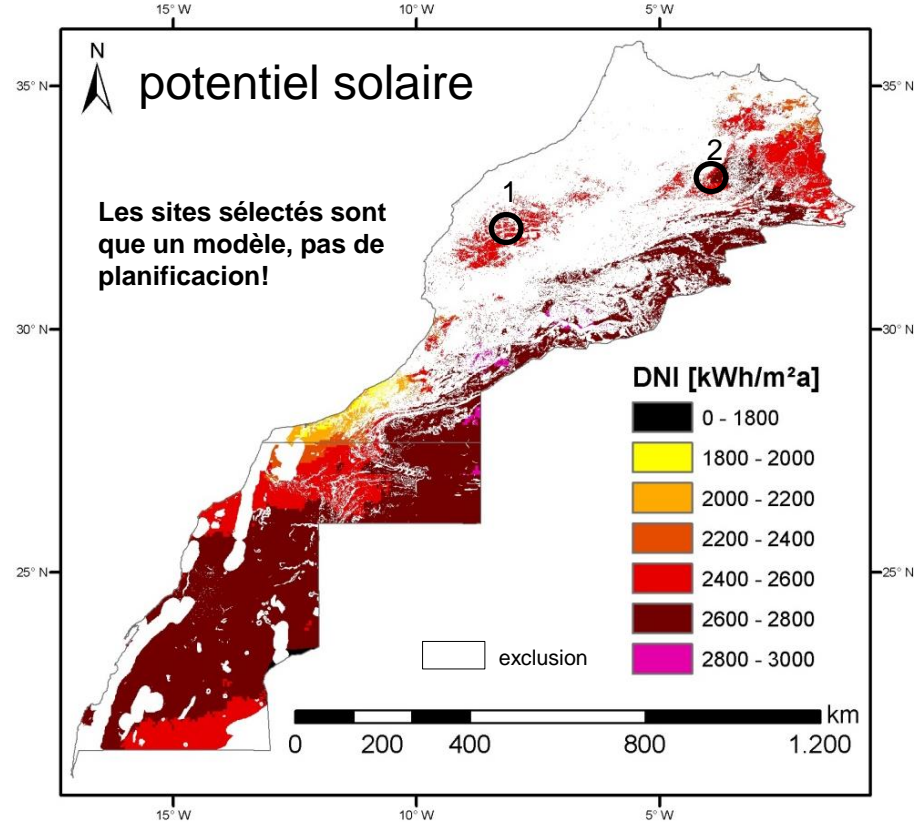
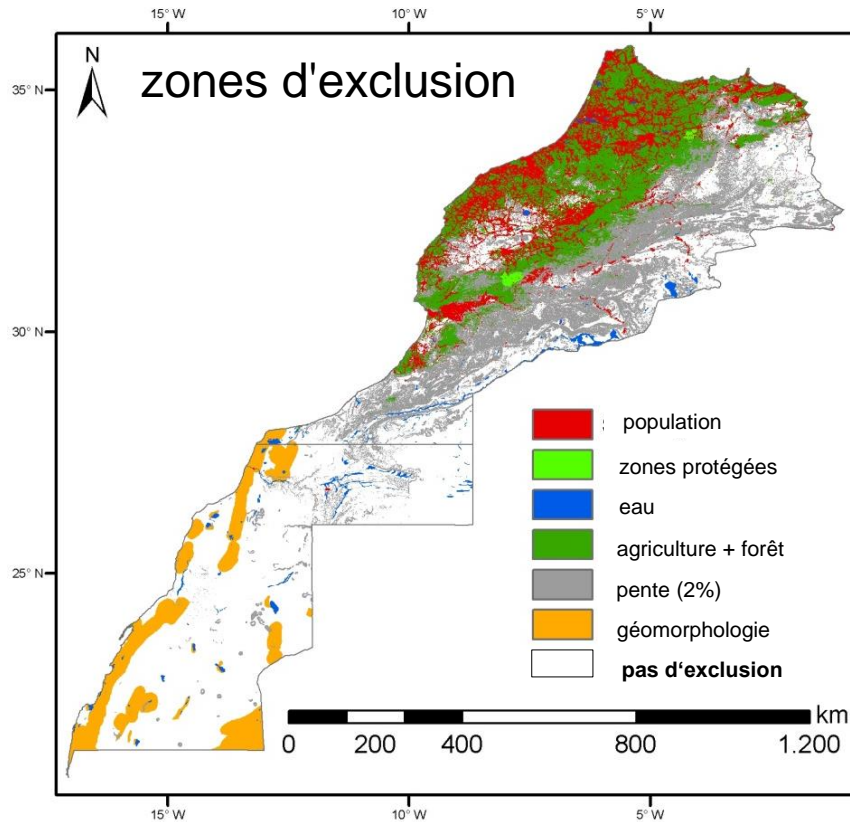
# Transmission d'énergie solaire réglable : CSP-HVDC unité



CSP: Concentrating Solar Power  
HVDC: High Voltage Direct Current



## Sites CSP modèles au Maroc



Le potentiel du terrain brut CSP dans le nord part du Maroc est env. **18500 km²**  
-> une unité avec 150 km² a besoin seulement **0,8%** de ce potentiel



# Conception du transit, des coûts et de la surface nécessaire

## MOR-E-F-D

HVDC 2600 km  
1,7 GW / 1,5 GW<sub>net</sub>  
1,9 – 5,1 Mrd.€  
150 km<sup>2</sup>

CSP 2,2 GW  
CSP 12 -18 Mrd.€  
150 km<sup>2</sup>

## MOR-E-F-D

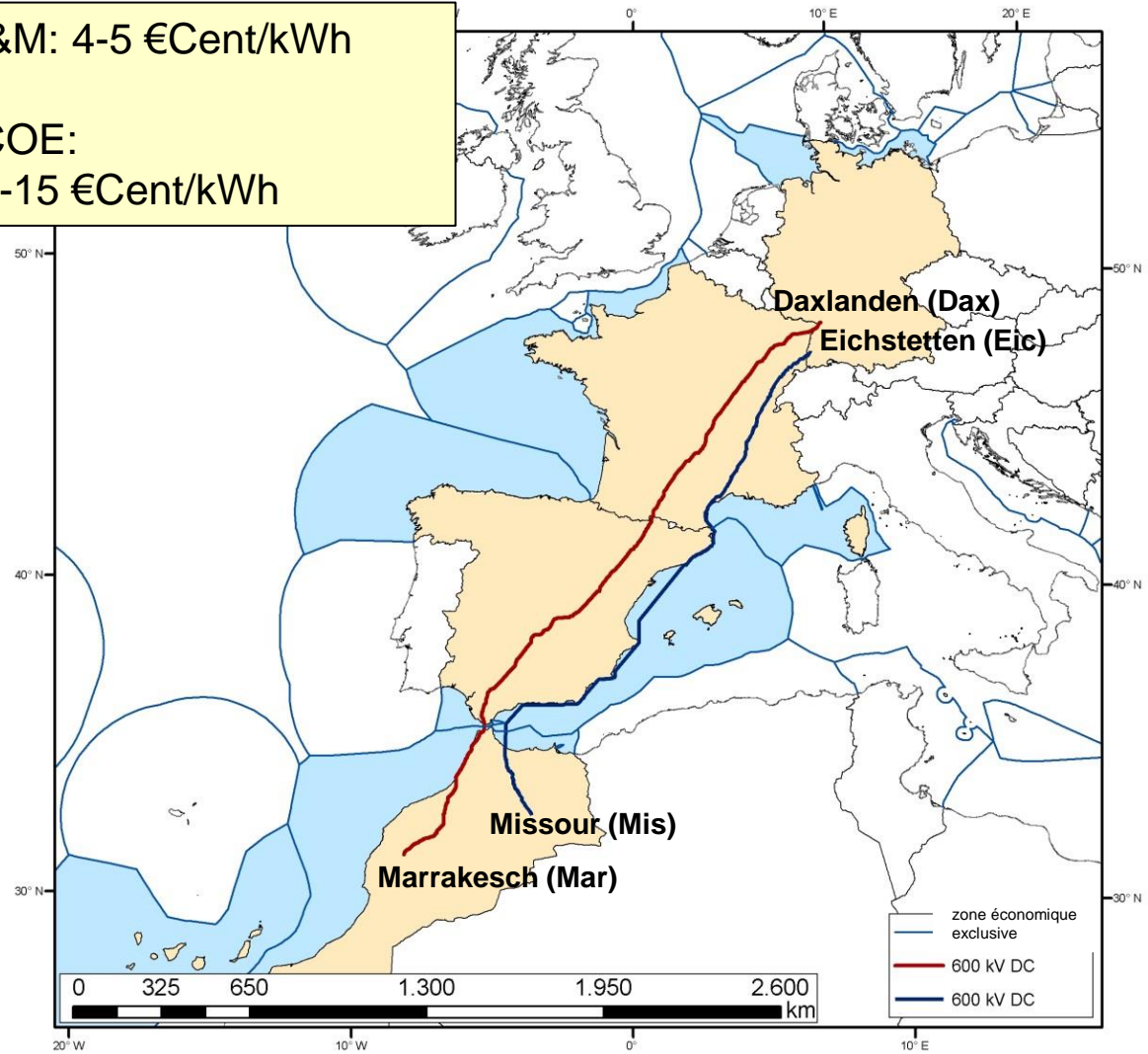
HVDC 2300 km  
1,7 GW / 1.5 GW<sub>net</sub>  
3,7 – 4,9 Mrd.€  
75km<sup>2</sup>

CSP 2,2 GW  
CSP 12 -18 Mrd.€  
150 km<sup>2</sup>

-> 9,32 TWh/a  
16-23 Mrd.€ (real 2010)  
réalisable 2025

O&M: 4-5 €Cent/kWh

LCOE:  
12-15 €Cent/kWh



## Païement permanent adéquat au terrain nécessaire

ligne  
aérienne

70 m

restriction pour  
l'agriculture du fondation  
du pylône (bleu)

bande de  
protection

fondation du pylône (gris)

surface  
couverte

+ pôle

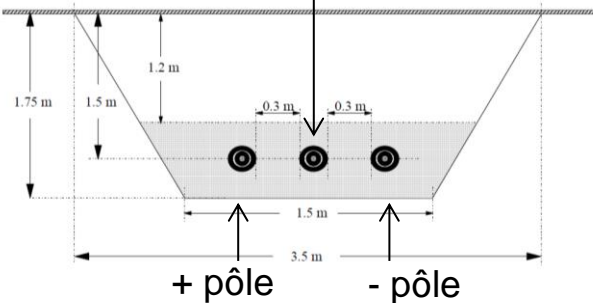
- pôle

conducteur de  
sécurité

câbles  
souterrains

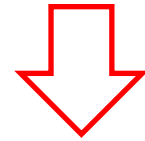
4 m

conducteur de sécurité

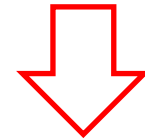


unité

$$\left[ \frac{\text{€Cent}}{\text{TWh} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{a}} \right]$$



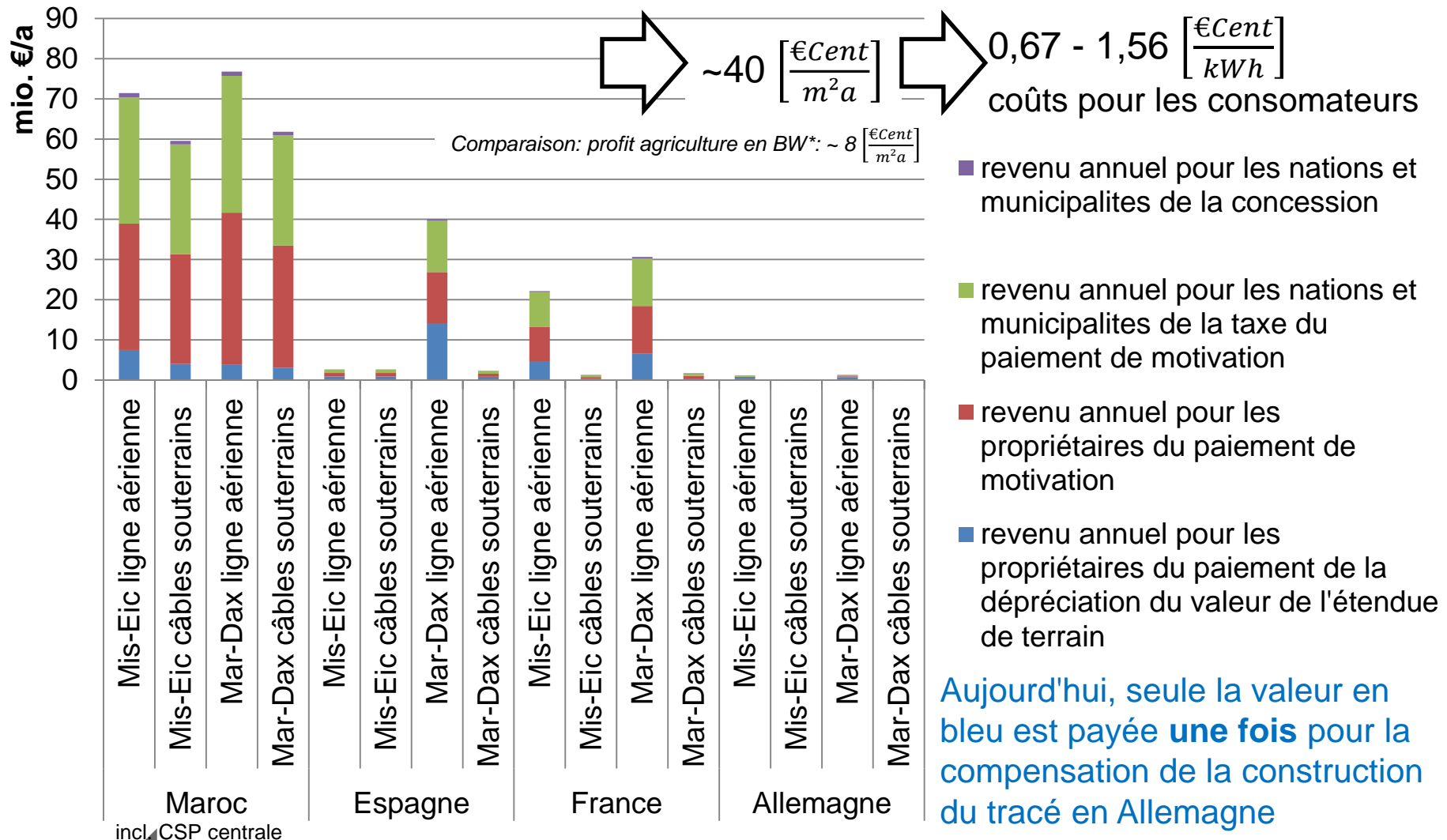
Les lignes aériennes et les câbles souterrains peuvent arriver à la **neutralité des coûts** à cause de cette compensation pendant leur durée de vie!



libre choix de la technologie est possible  
-> acceptation accrue

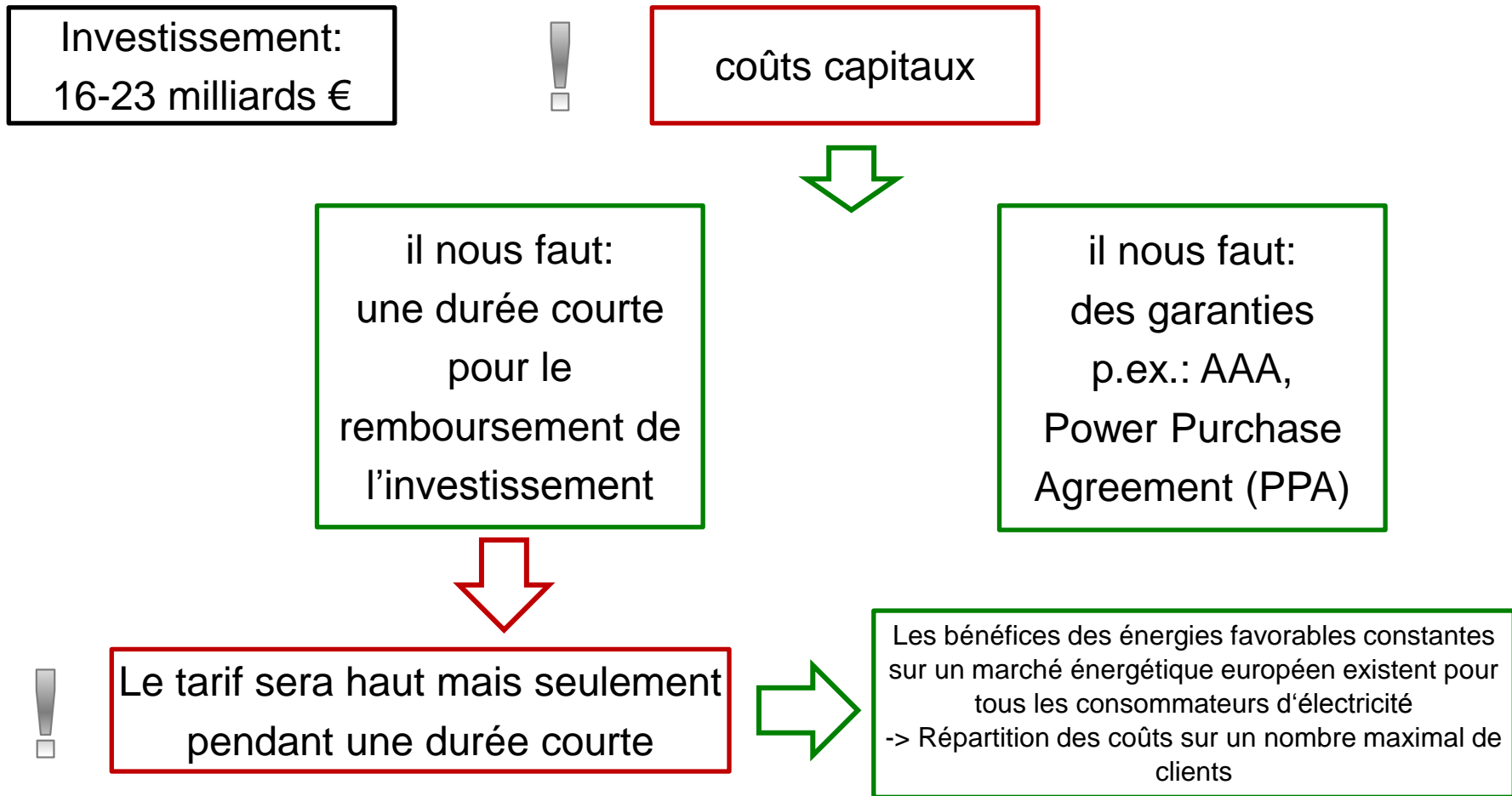


# Revenu annuel des Etats concernés, leurs communautés et les propriétaires fonciers (riverains) - chaque variante





## Structure de financement avec des coûts capitaux minimaux



## Les conclusions

- Pour un approvisionnement de 100% des ER on a besoin **d'énergie réglable**.
- Pour une intégration de CSP économique à cause de l'exploitation des ER fluctuantes dans le Baden-Württemberg **on a que du temps jusqu'à ~2030**.
- Que **CSP** peut générer cette énergie réglable pour un export de l'Afrique du Nord à l'Europe qu'avec une nouvelle infrastructure **HVDC point-a-point**.
- Une unité CSP avec 150 km<sup>2</sup> a besoin seulement de 0,8% de potentiel au Nord du Maroc.
- Les coûts d'investissement sont de **16-23 milliards €** pour CSP et HVDC.
- Si on **décide** de réaliser ce projet en **2013/2014** le projet sera fini **optimiste en 2025**. (réaliste en 2030)
- A cause du paiement compensatoire au terrain nécessaire pour les habitants affectés, les lignes aériennes et les câbles souterrains peuvent arriver à la **neutralité des coûts**.
- Les coûts capitaux restent minimaux s'il y a **des garanties** et si la durée du remboursement de l'investissement est **courte** pour que moins d'intérêts soient produits.



المسارات تربط الشعوب

„Les chemins rapprochent les gens“

Je vous remercie de  
votre attention!

Contact:

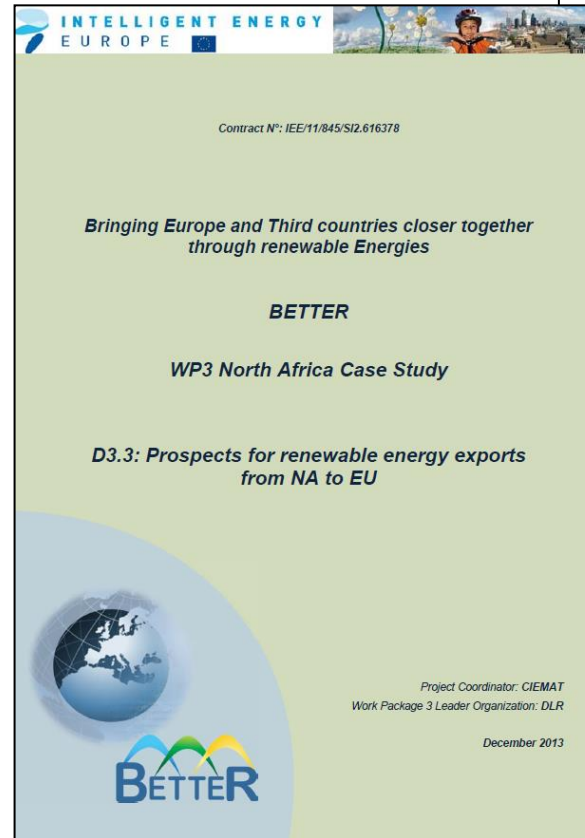
[denis.hess@dlr.de](mailto:denis.hess@dlr.de)

[franz.trieb@dlr.de](mailto:franz.trieb@dlr.de)

[tobias.fichter@dlr.de](mailto:tobias.fichter@dlr.de)

[juergen.kern@dlr.de](mailto:juergen.kern@dlr.de)

[massimo.moser@dlr.de](mailto:massimo.moser@dlr.de)



[www.better-project.net](http://www.better-project.net)



Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt  
Institut für  
Technische Thermodynamik



Universität Stuttgart  
Fakultäten für  
Umwelt ingenieurwissenschaften  
und Energietechnik

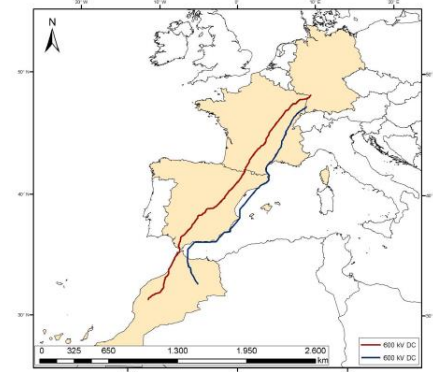
### Fernübertragung regelbarer Solarenergie von Nordafrika nach Mitteleuropa

Diplomarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades Diplom-Ingenieur (Dipl.-Ing.)

vorgelegt von

Denis Hess



eingereicht: Stuttgart, den 01.07.2013

Referenten: Prof. Dr.-Ing. Stefan Siedentop  
Prof. Dr.-Ing. Alfred Voß

<http://elib.dlr.de/83385/>

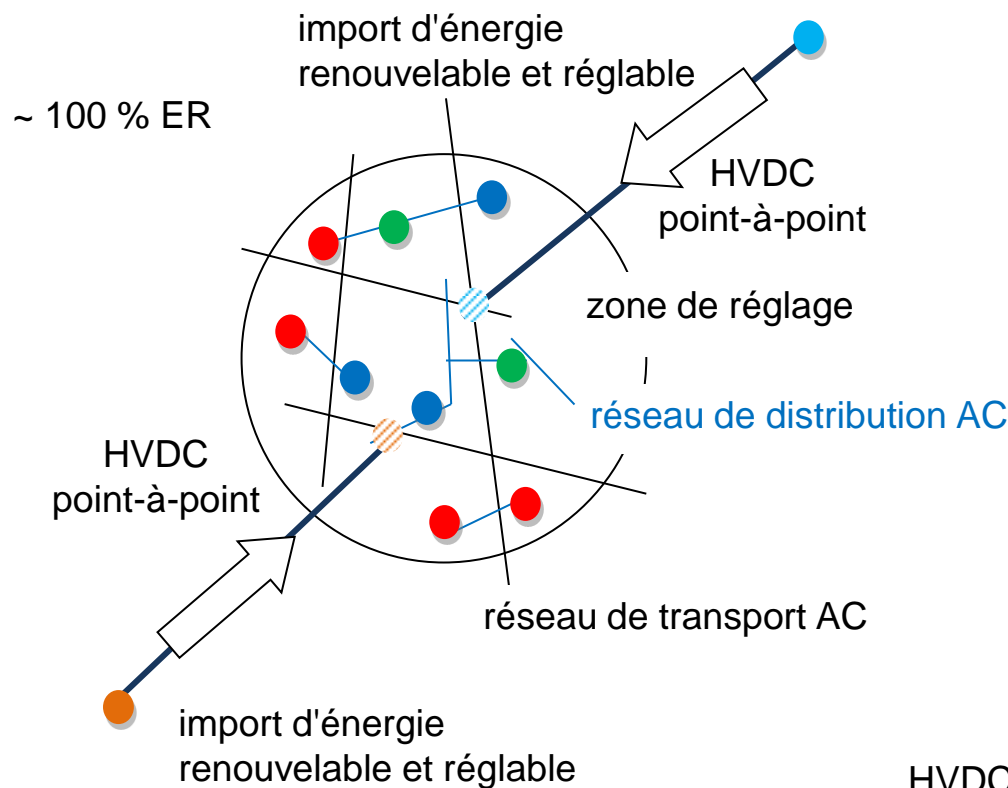


## Diapositives supplémentaires pour la discussion





- ● ● énergies renouvelables (ER) décentralisées
- ● Grandes stations d'énergie renouvelable et réglable
- ● points de connexion dans le réseau de transmission



la zone d'étude et  
zone de réglage:  
Baden-Württemberg (BW)

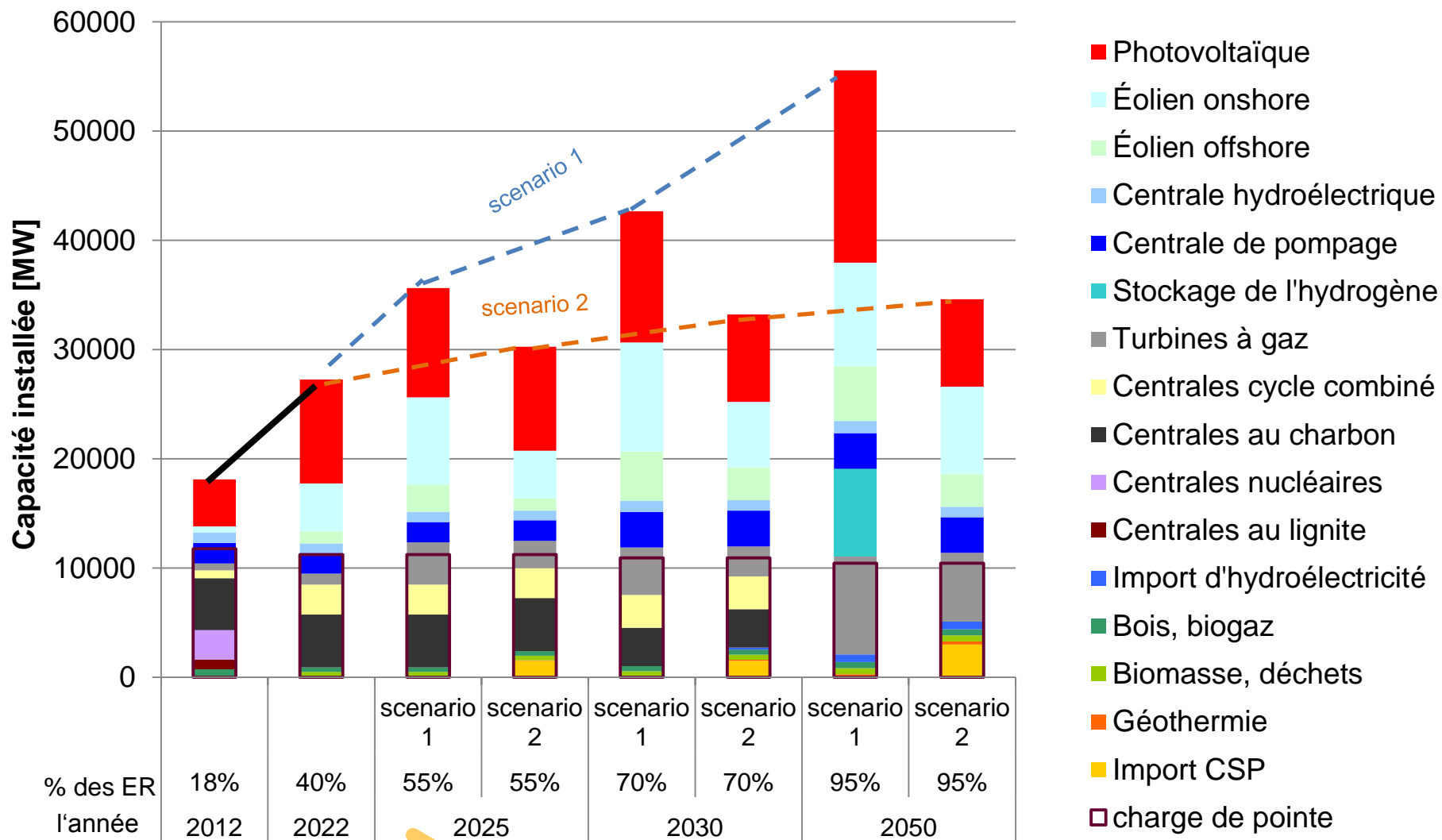


10.8 mio. habitants, 80  
TWh/a – dans l'année 2012

source: (<http://de.wikipedia.org/wiki/Baden-W%C3%BCrttemberg>)

HVDC = CCHT: **c**ourant **c**ontinue **h**aute **t**ension  
AC = CA: **c**ourant **a**lternatif

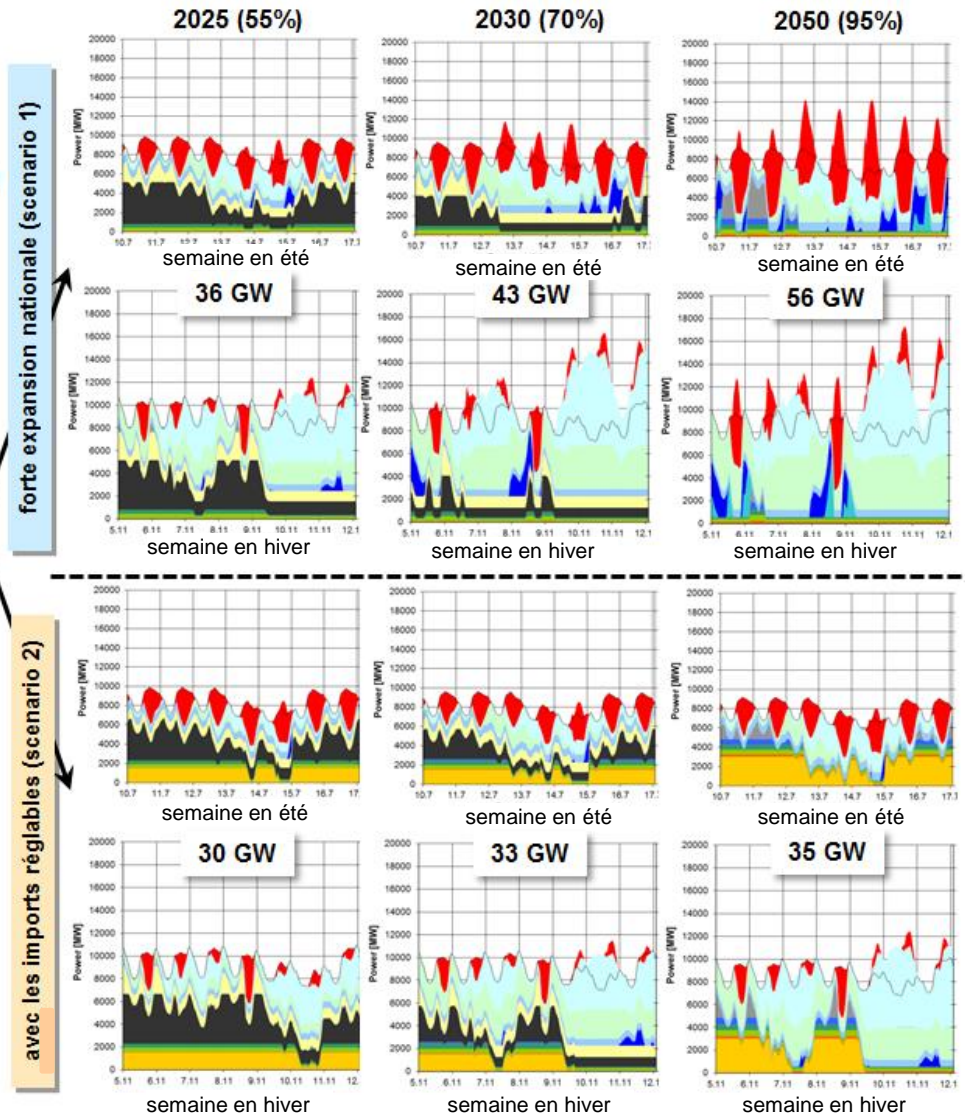
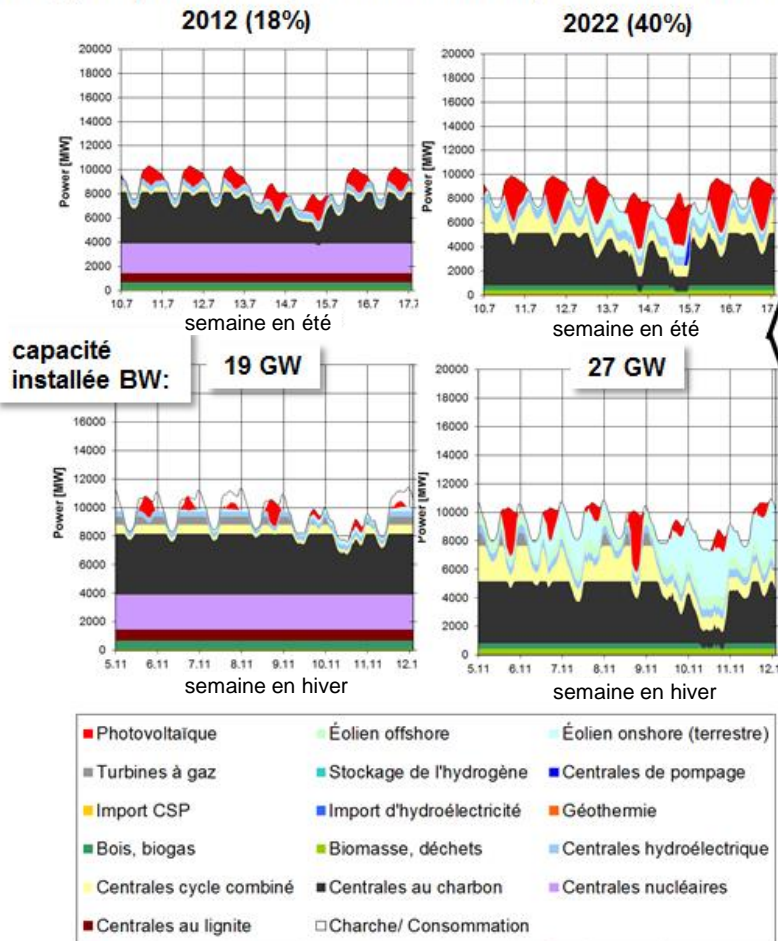
# Deux chemins pour les ER dans le secteur d'électricité en BW

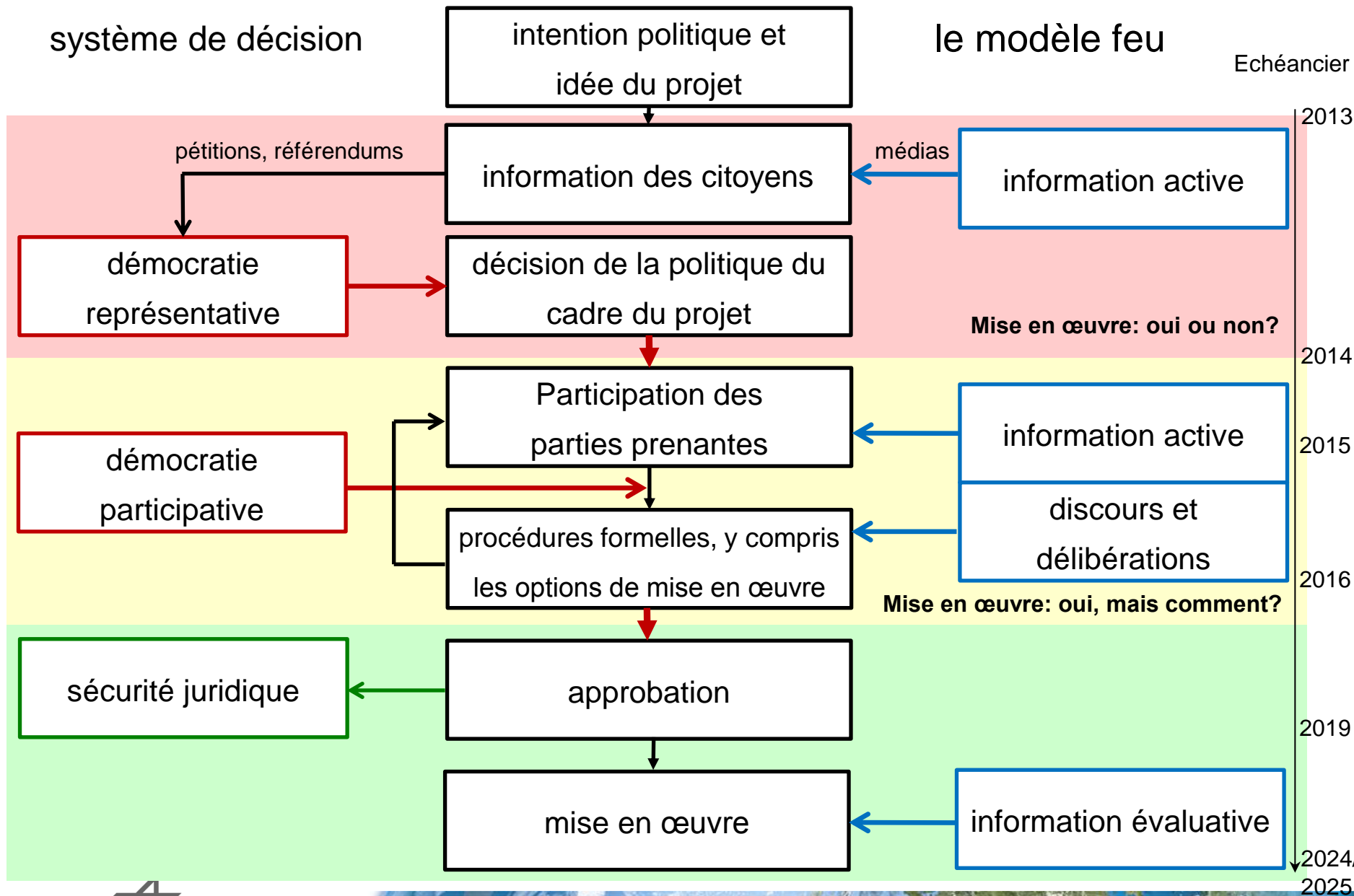


La **décision** pour le scénario 2 est **aujourd'hui** déjà nécessaire à cause du temps de planification

# Les séries chronologiques de la production d'électricité par type de centrale électrique

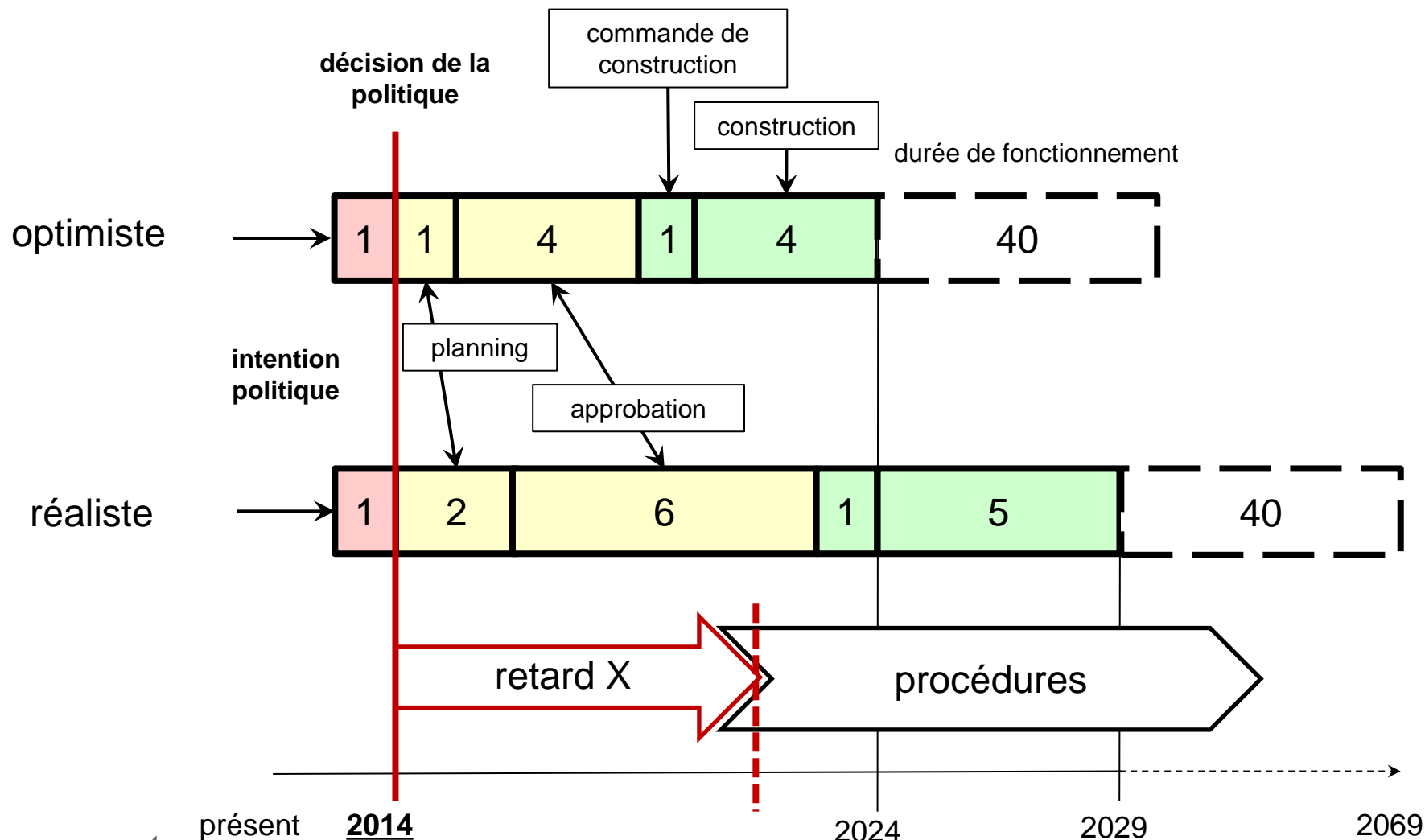
L'année (quote-part des énergies renouvelables en production d'électricité)



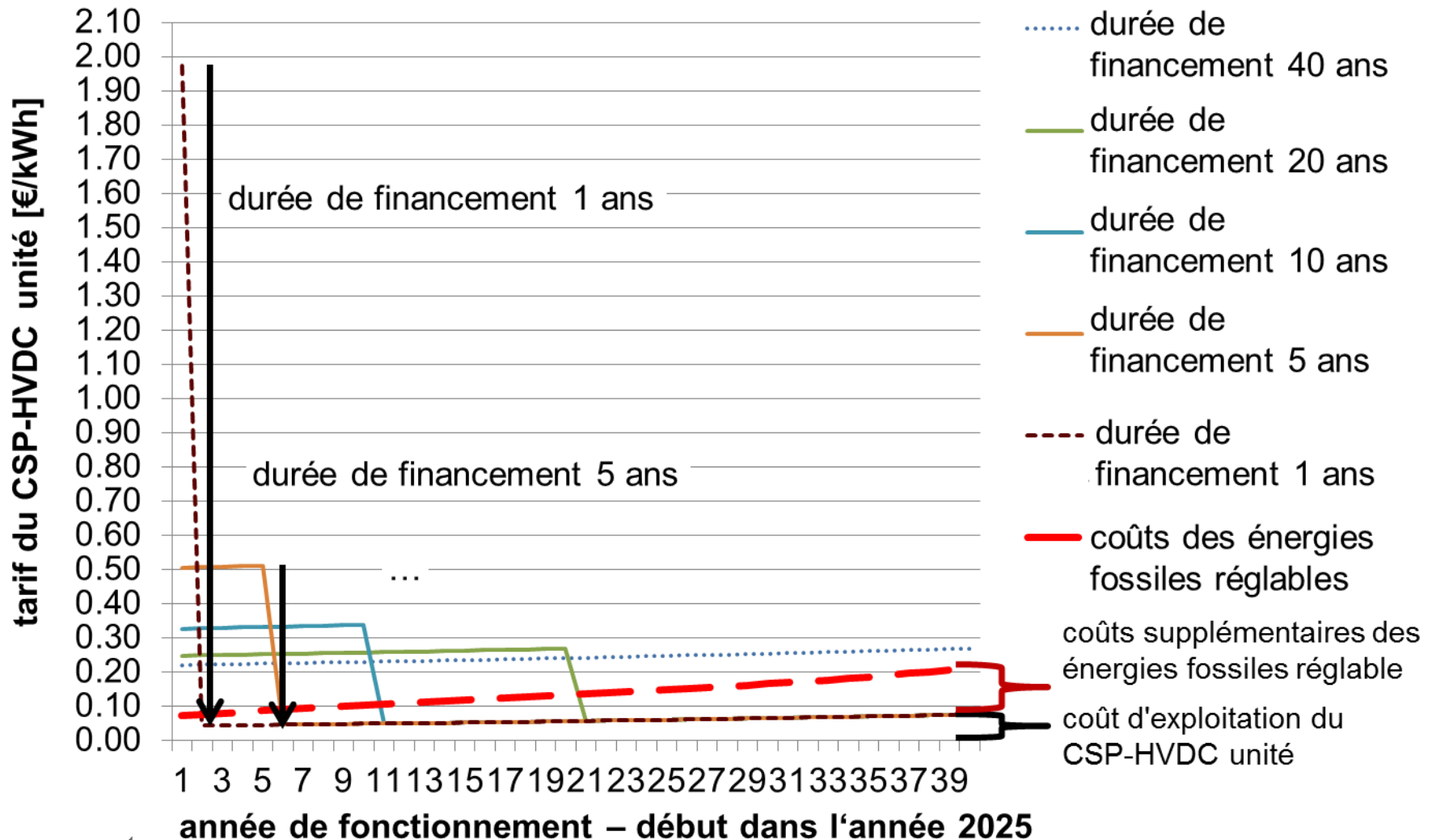




# Délai pour une décision

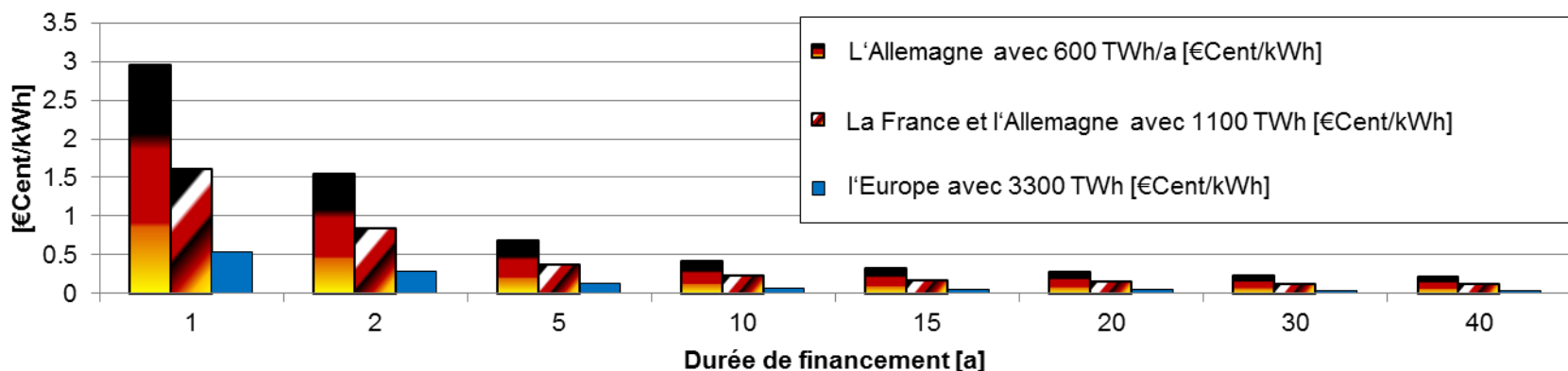


## Le tarif du CSP-HVDC unité Missour-Eichstetten avec câbles souterrains - Comment est-ce que 16 Mrd. € peuvent être payer, pour que moins d'intérêts soient produits et par conséquent les coûts capitaux restent minimaux?

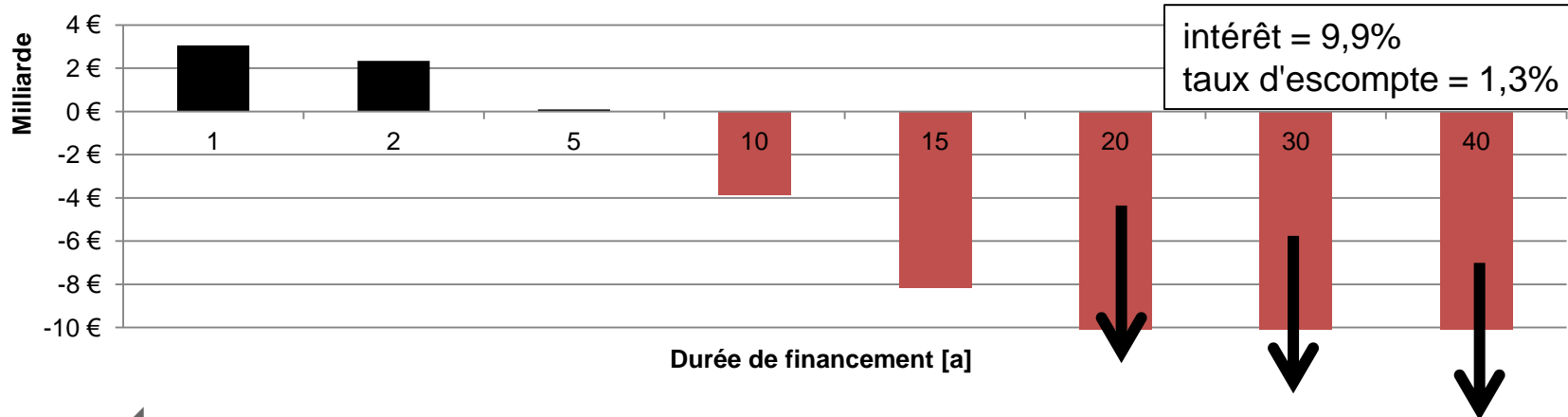


# Comment est-ce que 16 Mrd. € peuvent être payer, pour que moins d'intérêts soient produits et par conséquent les coûts capitaux restent minimaux?

## mutualisation des coûts à tout les consommateurs

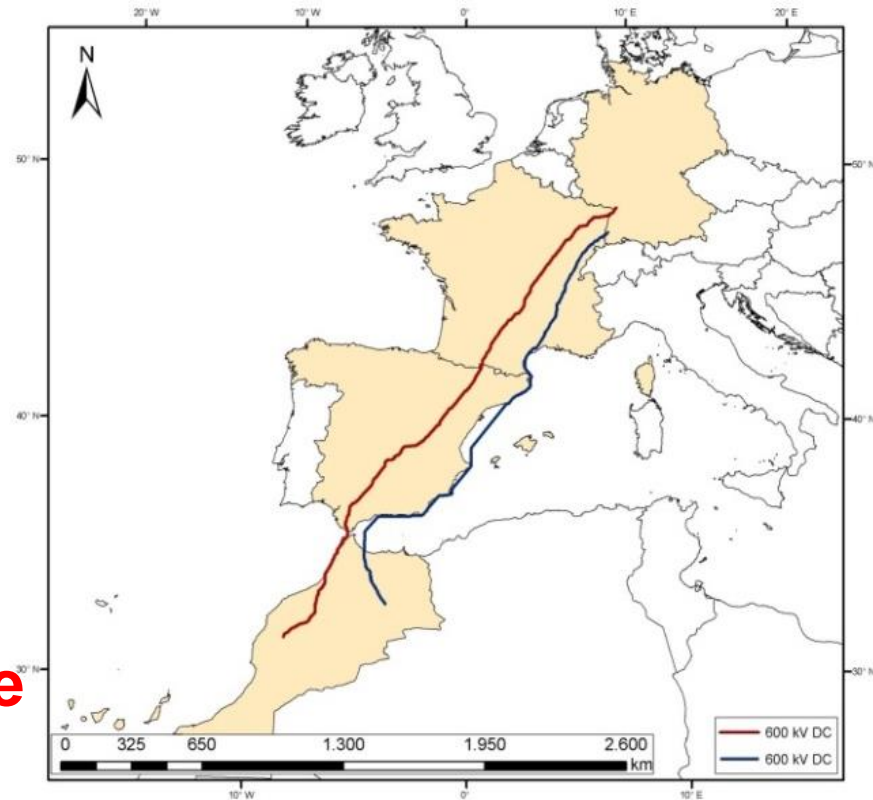


## Les économies (noir) et les coûts supplémentaires (rouge) accumulés sur plus de 40 ans par rapport aux différentes énergies fossiles (charbon / gaz)



# Transmission d'énergie solaire réglable d'Afrique du Nord à l'Europe Centrale

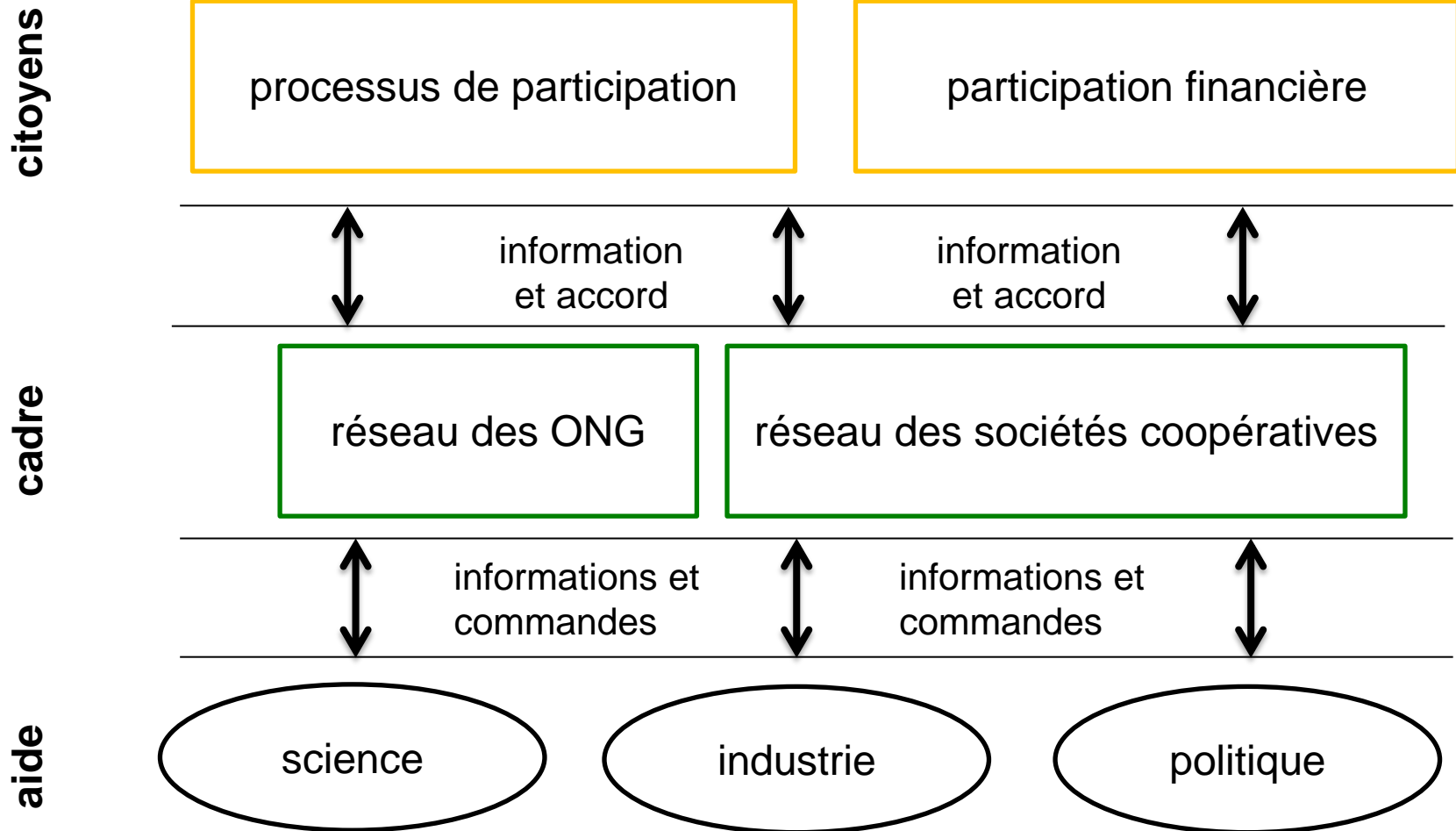
**Plateforme de communication  
pour la participation interactive**



Wissen für Morgen



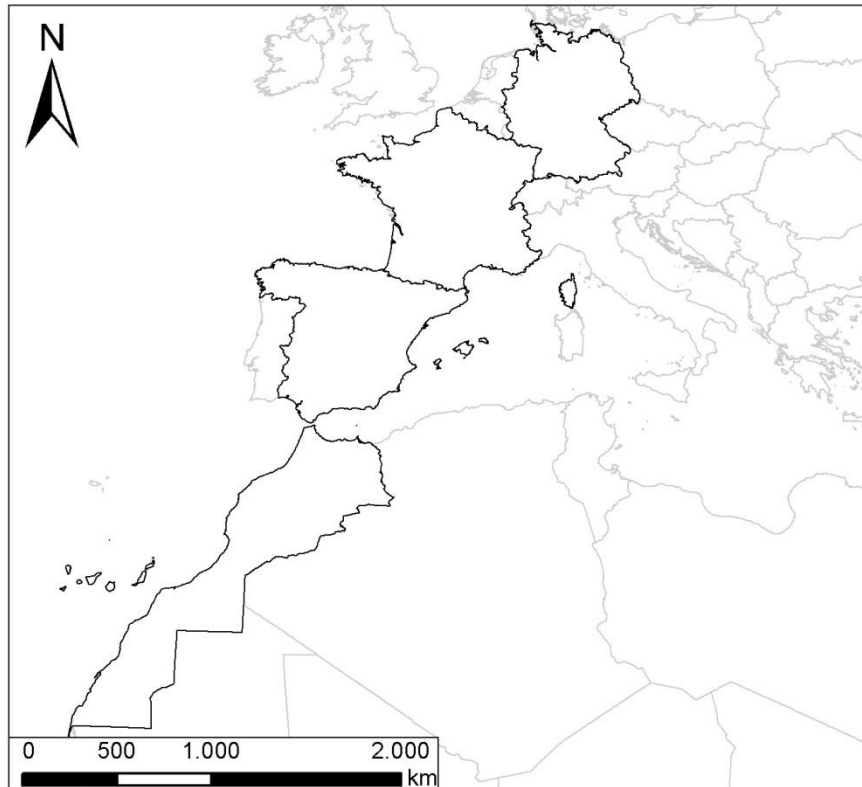
# Potentiel réseau d'information pour un projet civil multinationale



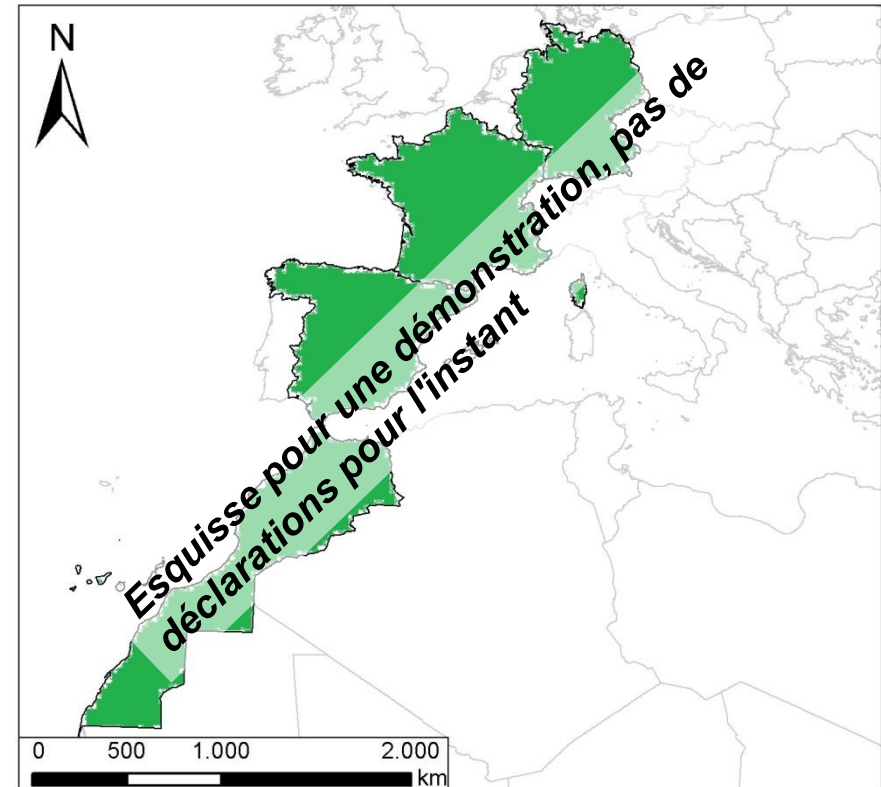
ONG: organisation non gouvernementale



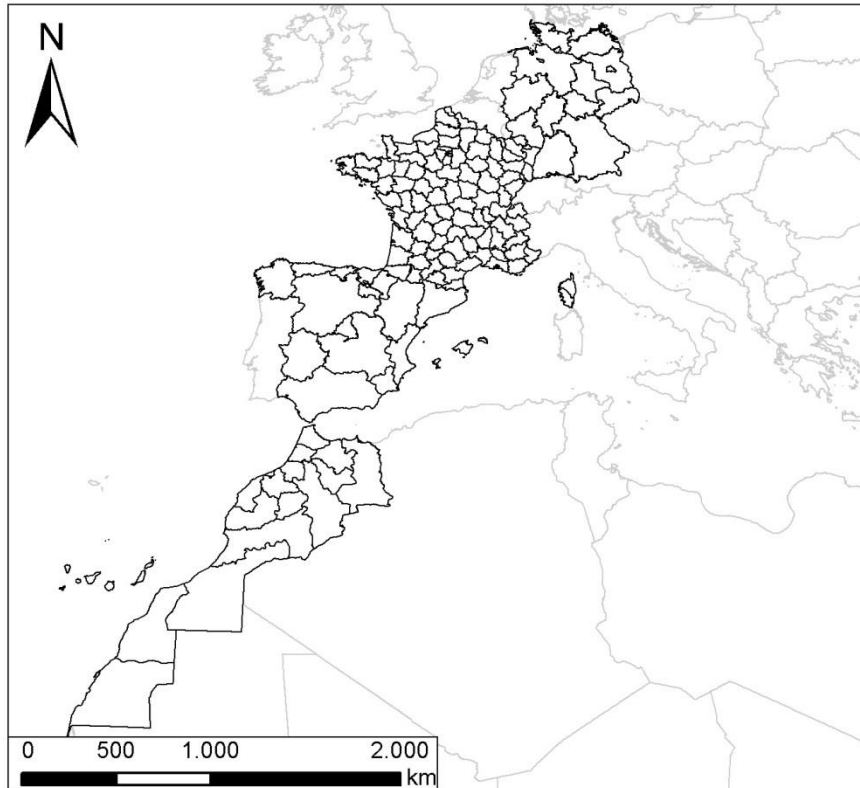
# Déclaration d'intention au niveau national



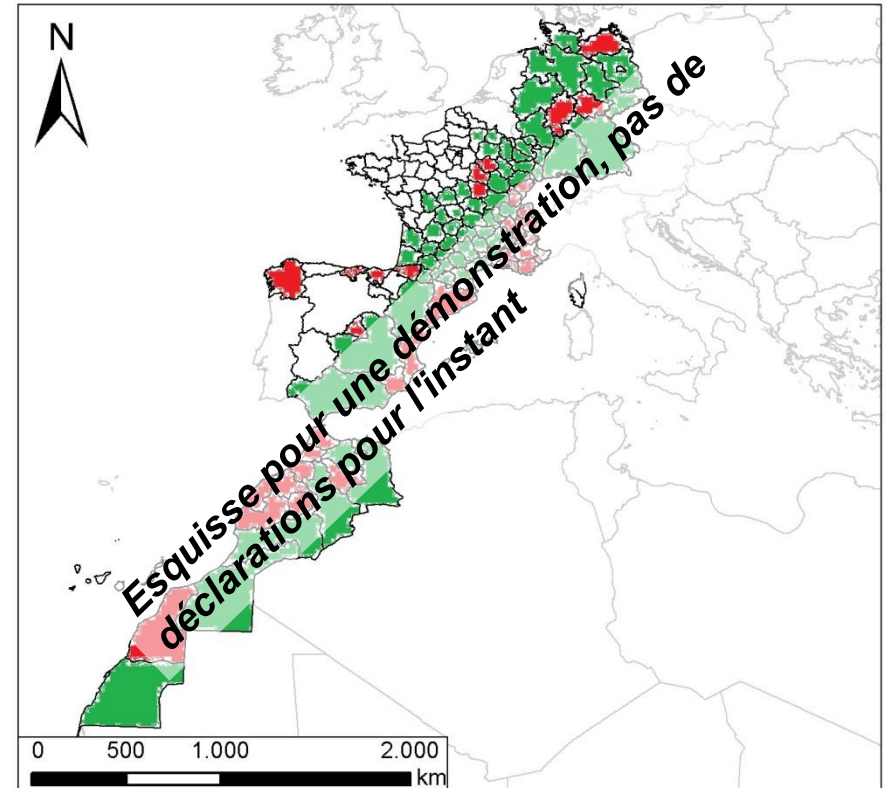
*Modèle scientifique exemplaire*



# Déclaration d'intention au niveau régional



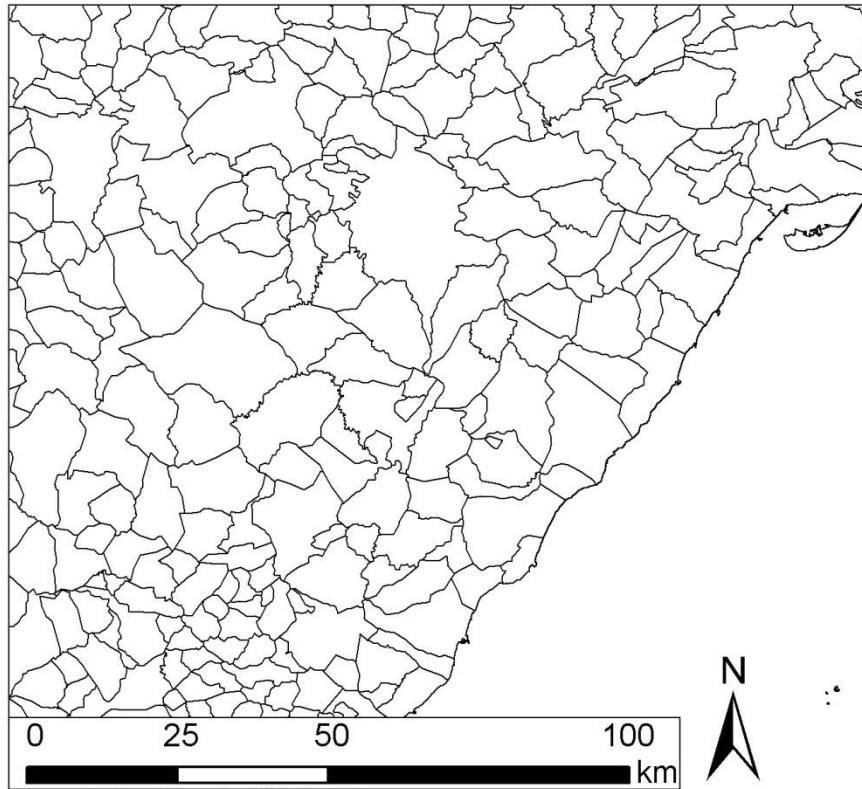
*Modèle scientifique exemplaire*



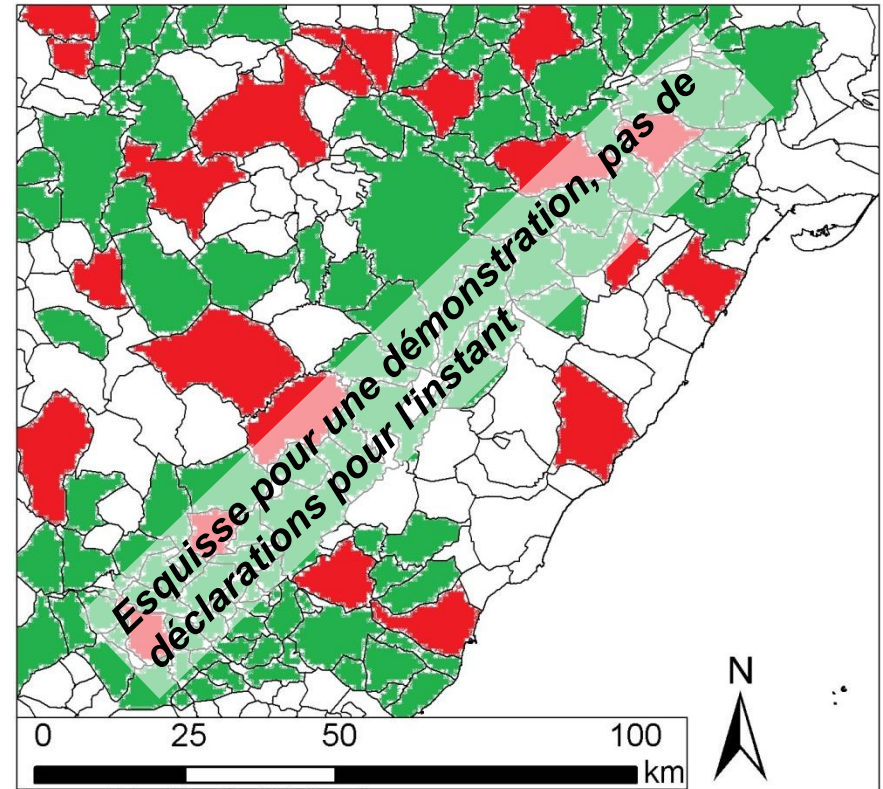
-> Choix pour les corridors d'électricités



# Déclaration d'intention au niveau municipal



Modèle scientifique exemplaire



-> Choix pour les corridors d'électricités

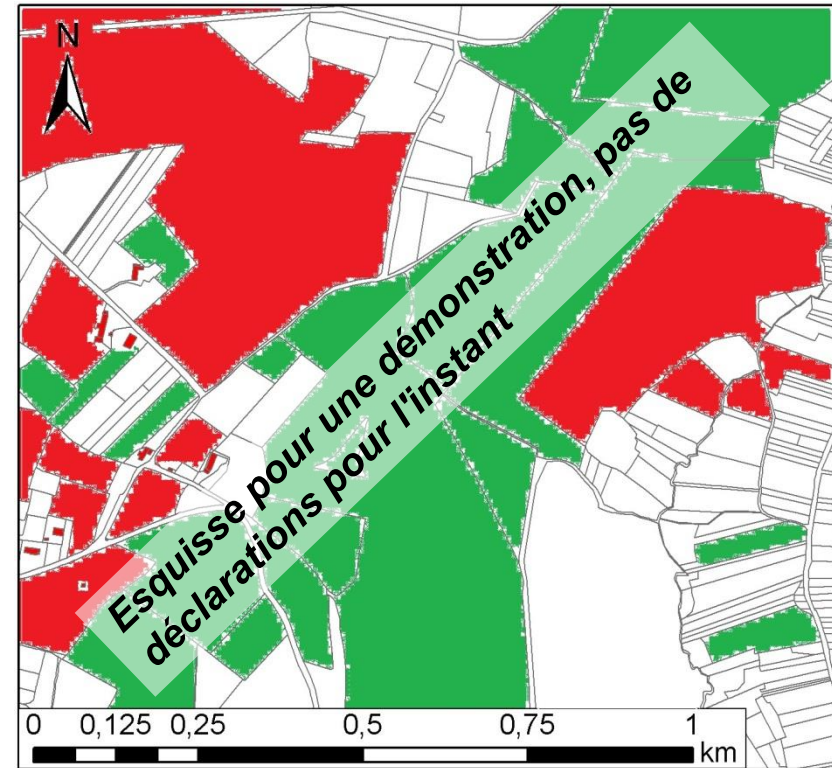




# Déclaration d'intention des propriétaires



Modèle scientifique exemplaire



-> Choix pour les corridors d'électricités



## Sur le site web interactif pourrait apparaître:

- Vidéo du projet potentiel (animation de la fonction de CSP et HVDC, le besoin du système énergétique d'une zone de contrôle européenne, les données, des interviews avec les citoyens affectés par la centrale, la route et les consommateurs d'électricité)
- Toutes les activités actuelles de la participation des citoyens, la politique, la science et l'économie
- Le calendrier de la participation publique et le calendrier total
- Toutes les données dans les domaines suivants: économie, écologie, technologie, social et institutionnel
- Progrès déjà réalisé et critiques



## Prochaines étapes

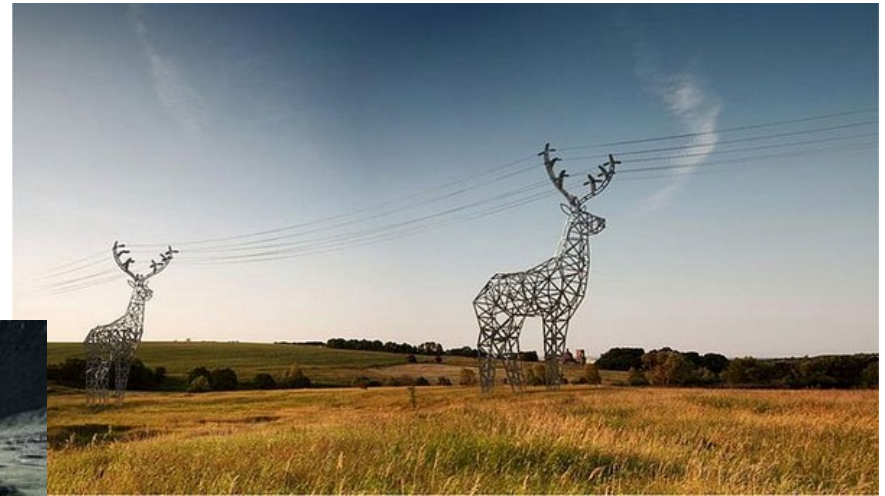
- Publication de nouvelles études scientifiques sur la nécessité d'importations d'électricité solaire réglable au Bade-Wurtemberg sur un site Web multilingue
- Interview avec les citoyens dans les communautés (études de cas) dans les régions potentiels affectées
- Analyse des coûts et avantages pour l'ensemble du système énergétique et évaluation des risques
- Coopération avec MEMEE, MASEN, ONEE, IRESEN, ENTSO, REE, RTE, TransnetBW en vue de l'intégration du projet dans la «Liste Union» avec l'intérêt commun selon le Règlement 347/2013 de l'UE evtl.
- Recherche de porteurs de projet





المسارات تربط الشعوب  
„Les chemins rapprochent les gens“

**Je vous remercie de votre attention!**



Contact: [denis.hess@dlr.de](mailto:denis.hess@dlr.de)



Source: <http://www.ribapylondesign.com/>